

## MORPHO-FUNCTIONAL CHANGES IN THE LIVER AND THE POSSIBILITY OF THEIR CORRECTION IN THE OFFSPRING OF RATS WITH CHOLESTASIS

*N.I.Duduk, R.I.Kravchuk, S.M.Zimatkin*

The study aims to clarify the influence of experimental cholestasis mother on the structure of the liver of young rats in early postnatal development (Day 2) and to explore the possibility of the correction of these disturbances with Ursofalk drug. Material was obtained from 30 outbred albino rat pups and studied using histological, histochemical, morphometric and electron micro-

scopic methods. It was found that under the influence of maternal cholestasis, the liver of the offspring demonstrated the dilation of sinusoidal capillaries, the decreased activity of succinate dehydrogenase and increased activity of NADH dehydrogenase in hepatocyte cytoplasm, the development of significant ultrastructural abnormalities (disappearance of lipid droplets, accentuated heterogeneity of mitochondrial size and shape, increased number of lysosomes). The application of Ursofalk partially restored hepatocyte structure and metabolism.

**Key words:** *liver, offspring, cholestasis, pregnancy*

<sup>1</sup> Department of Histology, Cytology and Embryology;

<sup>2</sup> Research Division, Grodno State Medical University, Belarus

© О. А. Каплунова, 2015  
УДК 611.13:611.61.019

*О. А. Каплунова*

## ЮКСТАМЕДУЛЛЯРНЫЙ ПУТЬ КРОВОТОКА В ПОЧКЕ (сравнительно-анатомический и возрастной аспекты)

Кафедра нормальной анатомии (зав. — проф. Е. В. Чаплыгина), Ростовский государственный медицинский университет

С целью проследить становление юкстамедуллярного пути кровотока в сравнительно-анатомическом и возрастном аспектах изучены 484 почки представителей 5 классов позвоночных животных, 50 почек плодов человека, 193 почки людей различного возраста в норме. Исследования проведены с помощью комплекса методов: макромикроскопического, гистологического и морфометрии. У всех изученных млекопитающих животных выявлено значительное развитие сосудистых клубочков и вокругканальцевых капилляров. В почках людей относительное содержание артериальных сосудов в корковом и мозговом веществе максимально в юношеском возрасте, с увеличением возраста этот показатель уменьшается как в корковом, так и в мозговом веществе почки. Начавшаяся у птиц и окончательно сформированная у млекопитающих дифференцировка почки на корковое и мозговое вещество объясняет появление кортикального и юкстамедуллярного путей кровотока. В антенатальном периоде развития человека в почках юкстамедуллярный путь кровотока преобладает над кортикальным. Уменьшение значения юкстамедуллярного пути кровотока в пожилом и старческом возрасте определяет уменьшение адаптационных возможностей интраорганный артериального русла почек в норме.

**Ключевые слова:** *артерии почек, юкстамедуллярный шунт, возрастная норма*

Изучение строения и кровоснабжения почек в филогенезе и онтогенезе облегчает понимание многих анатомических фактов. Вместе с тем, специальные работы, посвященные кровоснабжению почек рыб и рептилий, отсутствуют, далеко не полные сведения имеются об анатомии внутриорганных сосудов почек амфибий, птиц и некоторых видов млекопитающих [10, 13, 16]. Несмотря на то, что изучению сосудов почек человека посвящено значительное количество работ, только в отдельных публикациях имеются сведения о возрастных особенностях сосудистых клубочков в различных зонах коркового вещества [7, 9, 12].

В связи с разноплановостью этих работ невозможно составить четкое представление о формировании юкстамедуллярного пути кровотока в почках позвоночных животных, в том числе и человека.

Цель данной работы — проследить становление юкстамедуллярного пути кровотока в сравнительно-анатомическом и возрастном аспектах.

**Материал и методы.** Исследования проведены на 484 почках представителей 5 классов позвоночных животных (рыбы — 126, амфибии — 78, рептилии — 62, птицы — 70, млекопитающие — 148), 50 почках плодов человека и 193

### Сведения об авторе:

Каплунова Ольга Антониновна (e-mail: kaplunova@bk.ru), кафедра нормальной анатомии, Ростовский государственный медицинский университет, 344000, г. Ростов-на Дону, пер. Нахичеванский, 29

почках людей различного возраста в норме. Сравнительно-анатомический материал подбирали так, чтобы каждый класс представляли разные отряды животных. Рыбы: хрящевые — колючая акула (*Squalus acanthias*) — 2, костистые — щука (*Esox lucius*) — 6, сазан (*Cyprinus carpio*) — 12, лещ (*Abramis brama*) — 20, карась золотистый (*Carassius carassius*) — 4, красноперка (*Scardinius erythrophthalmicus*) — 4, тарань (*Rutilus rutilus heckeli*) — 4, толстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*) — 20, чехонь (*Pelecus cultratus*) — 16, судак (*Lucioperca lucioperca*) — 4, окунь (*Perca fluviatilis*) — 6, ставрида (*Trachurus trachurus*) — 18, морской окунь (*Sebastes marinus*) — 4, барабулька (*Mallus barbatus*) — 6. Амфибии: обыкновенная жаба (*Bufo bufo*) — 4, озерная лягушка (*Rana ridibunda*) — 60, прудовая лягушка (*R. esculenta*) — 6, травяная лягушка (*R. temporaria*) — 4, болотная лягушка (*R. terrestris*) — 4. Рептилии: прыткая ящерица (*Lacerta agilis*) — 20, скальная ящерица (*L. saxicola*) — 6, зеленая ящерица (*L. viridis*) — 4, сетчатый питон (*Python reticulatus*) — 4, удав (*Boa constrictor*) — 20, обыкновенный уж (*Natrix natrix*) — 2, степная черепаха (*Testudo horsfieldi*) — 2, кавказская черепаха (*T. graeca*) — 2, болотная черепаха (*Emys orbicularis*) — 2. Птицы: курица (*Gallus domesticus*) — 6, бронзовая индейка (*Meleagris gallopatus*) — 8, сизый голубь (*Coluba livia*) — 6, чайка серебристая (*Larus argentatus*) — 10, чайка речная (*L. ridibundus*) — 12, канюк (*Buteo buteo*) — 4, пустельга (*Falco tinnunculus*) — 2, белая сова (*Nyctea scandiaca*) — 2, сорока (*Pica pica*) — 2, галка (*Corvus monedula*) — 8, ворона (*C. corone*) — 10. Млекопитающие: грызуны — крыса (*Ratus*

*norvegicus*) — 16, морская свинка (*Cavia porcellus*) — 4, ондатра (*Ondatra zibethica*) — 4; зайцеобразные — кролик (*Oryctolagus cuniculus*) — 8; хищные — собака (*Canis familiaris*) — 10, енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides*) — 6, волк (*Canis lupus*) — 2, кошка (*Felis domesticus*) — 20, лисица (*Vulpes vulpes*) — 8, лев (*Felis leo*) — 4; китообразные — дельфин-белобочка (*Delphinus delphis*) — 2; парнокопытные — свинья (*Sus scrofa*) — 10, овца (*Ovis arics*) — 16, бык (*Bos taurus*) — 14, антилопа канна (*Taurotragus oryx*) — 2; непарнокопытные — лошадь (*Equus caballus*) — 12; обезьяны — королевская гвереца сатана (*Colobua polykomos satanas*) — 4, шимпанзе (*Pan troglodytes*) — 6.

Изучен также материал, полученный после вскрытий трупов людей на кафедре судебной медицины Ростовского медицинского университета. Этот материал был распределен по возрастным периодам согласно возрастной периодизации, принятой на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии в 1965 г. (табл. 1).

При выборе секционного материала для изучения возрастных особенностей артериальных сосудов почек учитывали следующие критерии нормы по А.М. Вихерту и соавт. [2]: 1) насильственный характер смерти (механическая асфиксия или черепно-мозговая травма, несовместимая с жизнью); 2) отсутствие указаний на наличие хронических заболеваний; 3) масса сердца не более 400 г у мужчин и не более 350 г у женщин; 4) отсутствие на вскрытии рубцов в миокарде и следов нарушения мозгового кровообращения. При исследовании использовали комплекс методов: препарование, макро-микроскопический, гистологический и морфометрический. Для инъекции сосудов использовали водную взвесь черной туши в разведении 1:3. Препараты фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина и на замораживающем микротоме МЗ-2 (ТОЧМЕДПРИБОР, СССР) приготавливали срезы толщиной 90 мкм. При использовании гистологического метода срезы толщиной 5–6 мкм окрашивали гематоксилином — эозином и по Ван Гизону.

При изучении архитектоники артериальных сосудов в разных зонах почек человека руководствовались данными Г.Длюга и соавт. [3].

С помощью окулярного микрометра МОВ-1 15х у всех изученных позвоночных животных и представителей возрастных групп людей определяли диаметр сосудистых клубочков и вокругканальцевых капилляров. На макроскопических препаратах, используя сетку и рекомендации Г.Г. Автандилова, определяли количество сосудистых клубочков и вокругканальцевых капилляров на стандартной единице площади. У людей всех возрастных групп в корковом и мозговом веществе почки определяли относительное содержание артериальных сосудов. Статистическую обработку полученных данных проводили, используя программу Statistica 4. Различия измеряемых величин считали значимыми при  $P < 0,05$ .

**Результаты исследования.** Обнаружено, что у низших позвоночных животных (рыб, амфибий с первичными почками и рептилий со вторичными почками), а также у птиц имеется воротная венозная система почек. Воротная вена почки, образованная слиянием подвздошной, хвостовой и семенной вен, несет кровь к почечным капиллярам синусоидного типа (рис. 1). Почечные

Таблица 1

**Характеристика секционного материала**

| Возрастные периоды                                     | Количество исследованных почек людей |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Аntenатальный период развития, мес:                    |                                      |
| 3                                                      | 4                                    |
| 4                                                      | 4                                    |
| 5                                                      | 6                                    |
| 6                                                      | 10                                   |
| 7                                                      | 10                                   |
| 8                                                      | 8                                    |
| 9                                                      | 8                                    |
| Всего изучено почек в периоде внутриутробного развития | 50                                   |
| Постнатальный период развития:                         |                                      |
| детский возраст                                        | 8                                    |
| подростковый возраст                                   | 7                                    |
| юношеский возраст                                      | 20                                   |
| I период зрелого возраста                              | 39                                   |
| II период зрелого возраста                             | 42                                   |
| пожилой возраст                                        | 40                                   |
| старческий возраст и долгожители                       | 37                                   |
| Всего изучено почек в постнатальном периоде развития   | 193                                  |
| Всего                                                  | 243                                  |

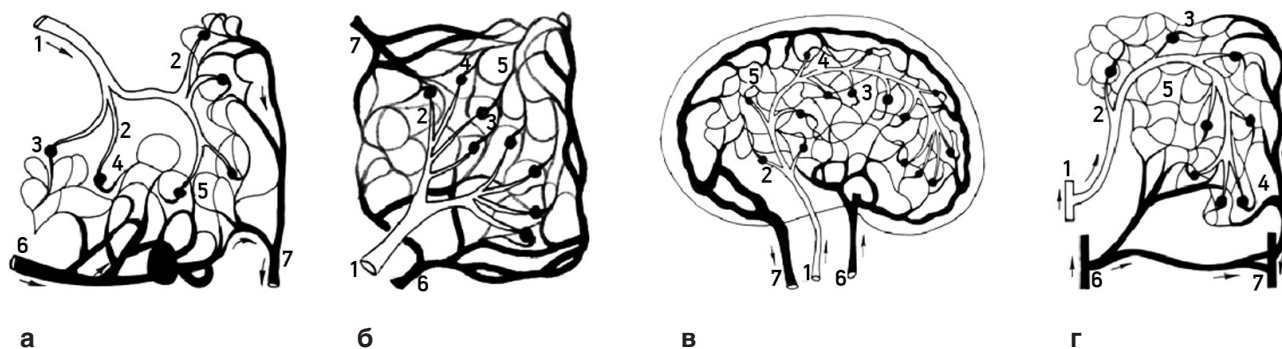


Рис. 1. Топография интраорганных сосудов почки сазана — *Cyprinus carpio* (а), озерной лягушки — *Rana ridibunda* (б), сетчатого питона — *Python reticulatus* (в), речной чайки — *Larus ridibundus* (г).

1 — внутриорганный артерия; 2 — приносящие артериолы; 3 — сосудистые клубочки; 4 — выносящие артериолы; 5 — вокругканальцевые капилляры; 6 — внутриорганный приносящая вена; 7 — внутридольковая выносящая вена. Стрелки — направление тока крови

Таблица 2

**Характеристика элементов микроциркуляторного русла почек у представителей различных классов позвоночных животных ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ )**

| Исследованный параметр                                        | Класс животных |             |            |              |               |
|---------------------------------------------------------------|----------------|-------------|------------|--------------|---------------|
|                                                               | Рыбы           | Амфибии     | Рептилии   | Птицы        | Млекопитающие |
| Диаметр сосудистого клубочка, мкм                             | 54,1±1,6*      | 110,0±0,20* | 59,0±1,2*  | 47,20±0,10*  | 135,0±0,5     |
| Число сосудистых клубочков на 1 мм <sup>2</sup> среза         | 2,5±0,4*       | 12,0±0,20*  | 7,1±1,1*   | 14,0±0,5*    | 4,1±0,3       |
| Диаметр вокругканальцевых капилляров, мкм:                    |                |             |            |              |               |
| в корковом веществе                                           | 21,0±0,8       | 253±0,8     | 30,0±0,20  | 11,0±0,5*    | 18,5±0,5      |
| в мозговом веществе                                           |                |             |            | 20,0±0,3*    | 24,5±0,8      |
| Число вокругканальцевых капилляров на 1 мм <sup>2</sup> среза | 111,0±0,5*     | 286,2±0,6*  | 296,0±0,7* | 505,10±0,20* | 486,0±0,10    |

\* Различия значимы по сравнению с показателями у млекопитающих животных при  $P < 0,05$ .

капилляры связаны также с выносящими артериолами и с выносящими почечными венами.

Выявлено (табл. 2), что у млекопитающих животных по сравнению с представителями других классов позвоночных имеются самые большие сосудистые клубочки, хотя их меньше на 1 мм<sup>2</sup> среза, чем у амфибий, рептилий и птиц. У рыб число сосудистых клубочков на 1 мм<sup>2</sup> среза минимальное по сравнению со всеми другими позвоночными животными. У птиц не было выявлено статистически значимых различий диаметра сосудистых клубочков в кортикальных и юкстамедуллярных почечных тельцах, а также их приносящих и выносящих артериол. У всех изученных млекопитающих животных сосудистые клубочки были хорошо развиты, и особенно юкстамедуллярные.

Вокругканальцевые капилляры в почках у млекопитающих животных не имели синусоидального характера как у рыб, амфибий и рептилий; они в 2–3 раза были шире, чем у птиц. Число вокругканальцевых капилляров на 1 мм<sup>2</sup>

среза у млекопитающих животных было больше, чем у рыб (в 4 раза), у амфибий и рептилий (почти в 2 раза), но несколько меньше, чем у птиц (см. табл. 2). Таким образом, полученные данные позволяют считать, что у млекопитающих по сравнению с другими позвоночными имеется значительно лучшее кровоснабжение почек.

Сосудистые клубочки располагаются в почке у рыб равномерно (рис. 2, а) или группируются в ряды, параллельные поверхности почки — как у амфибий (см. рис. 2, б). У рептилий (см. рис. 2, с) наблюдается концентрация сосудистых клубочков в середине долек почки. У птиц (см. рис. 2, д) формируется корковое и мозговое вещество, появляются юкстамедуллярные клубочки и прямые сосуды мозгового вещества, начинающиеся от выносящих артериол этих клубочков или от междольковых артерий. У млекопитающих животных происходит разделение вещества почки на корковое и мозговое.

У человека в почках плодов и новорожденных в субкапсулярной зоне коркового вещества

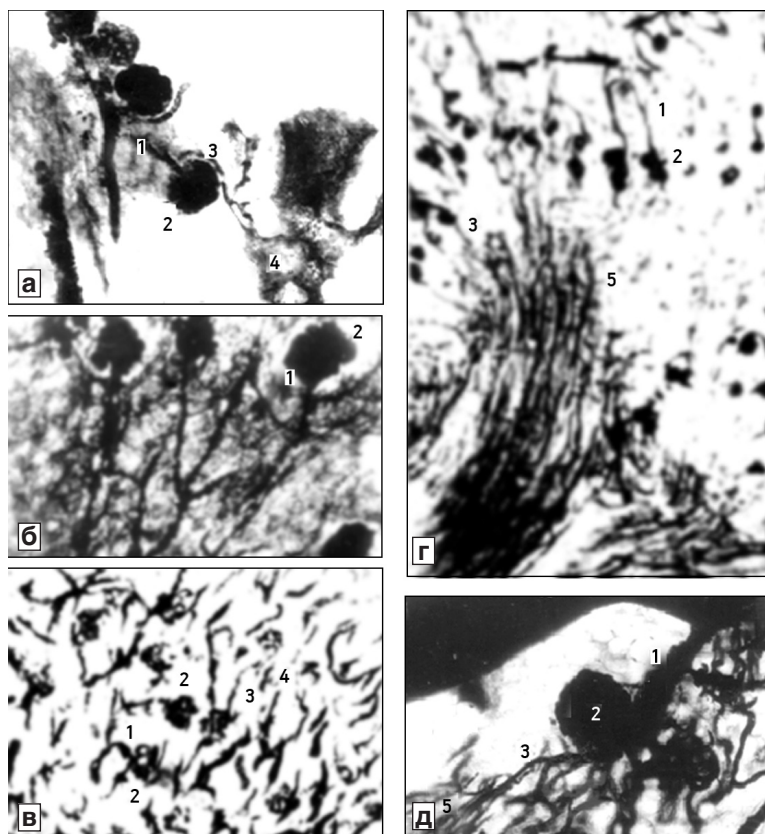


Рис. 2. Кровоснабжение почек позвоночных животных.

а — толстолобик, *Hypophthalmichthys molitrix*; б — прудовая лягушка, *Rana esculenta*; в — обыкновенный уж, *Natrix natrix*; г — речная чайка, *Larus ridibundus*; д — собака, *Canis familiaris*. 1 — приносящая артериола; 2 — сосудистый клубочек; 3 — выносящая артериола; 4 — вокругканальцевые капилляры; 5 — прямые артериолы мозгового вещества. Инъекция сосудов черной тушью. Об. 8, ок. 15

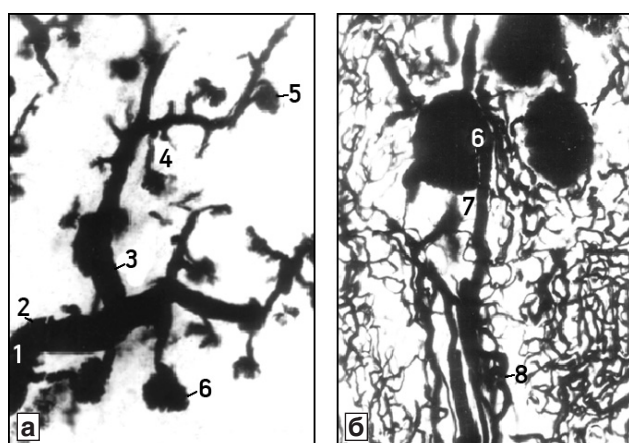


Рис. 3. Артериальные сосуды почки плода человека 5 мес развития (а) и мужчины 40 лет (б).

1 — междольковая артерия; 2 — дуговая артерия; 3 — междольковая артерия; 4 — приносящая артериола; 5 — кортикальный сосудистый клубочек; 6 — юкстамедуллярный сосудистый клубочек; 7 — выносящая артериола; 8 — прямые артериолы мозгового вещества. Инъекция сосудов черной тушью. Об. 8, ок. 15

располагается слой нефрогенной ткани, содержащей незрелые клубочки. К концу периода внутриутробного развития формирование гемомикроциркуляторного русла почек не заканчивается и продолжается после рождения. В почках у плодов и новорожденных преимущественно развиты элементы юкстамедуллярного пути кровотока: выявлены большого диаметра сосудистые клубочки юкстамедуллярных почечных телец при недоразвитости сосудистых клубочков средней и особенно субкапсулярной зон коркового вещества почки.

Микрососуды как коркового, так и мозгового вещества почек у человека во всех изученных возрастных периодах, а также сосудистые клубочки равномерно инъецируются тушью (рис. 3, а, б). В юношеском и зрелом возрасте контуры сосудов четкие. Вокругканальцевая капиллярная сеть густая, диаметр капилляров на всем протяжении равномерный. В пожилом и старческом возрасте обнаружено значительное разрежение вокругканальцевой капиллярной сети, а также извилистость и микроварикозности вокругканальцевых капилляров, сужения и расширения, извилистость прямых артериол и вокругканальцевых капилляров мозгового вещества.

С увеличением возраста от юношеского до зрелого диаметр сосудистых клубочков (табл. 3) увеличивается, уменьшаясь в пожилом и старческом возрасте. Количество сосудистых клубочков на  $1 \text{ мм}^2$  среза и их общее количество в корковом веществе уменьшается с увеличением возраста при одновременном возрастании количества склерозированных клубочков. Юкстамедуллярные сосудистые клубочки наиболее подвержены склерозированию.

Относительное содержания артериальных сосудов в корковом и мозговом веществе почек максимально в юношеском возрасте ( $1,2 \pm 0,8$  и  $0,40 \pm 0,20$  усл.ед. соответственно). С увеличением возраста этот показатель уменьшается как в корковом, так и в мозговом веществе почки. В старческом возрасте и у долгожителей по сравнению с юношеским возрастом в корковом веществе этот показатель ( $0,30 \pm 0,10$ ) уменьшается в 4 раза, в мозговом веществе ( $0,20 \pm 0,10$ ) — в 2 раза.

**Обсуждение полученных данных.** На основании изучения данных литературы [6, 8, 10, 15, 16] и собственных исследований [4],

Таблица 3

Диаметр элементов микрососудистого русла почек у людей в различные возрастные периоды ( $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ , мкм)

| Элементы микро-<br>сосудистого русла                   | Возрастные периоды |                           |            |                                |                                  |             |                             |
|--------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------|-----------------------------|
|                                                        | антенатальный      | детский<br>и подростковый | юношеский  | I период зрело-<br>го возраста | II период<br>зрелого<br>возраста | пожилой     | старческий и<br>долгожители |
| Интракортикальный<br>сосудистый<br>клубочек            | 55,20±0,20*        | 109,2±1,4*                | 138,7±2,5* | 148,6±1,1*                     | 156,8±0,6                        | 156,8±0,5   | 138,8±1,9*                  |
| Вокругканальцевые<br>капилляры корково-<br>го вещества | 10,9±2,3*          | 12,5±2,7*                 | 14,2±0,9*  | 13,7±0,3*                      | 13,8±0,7                         | 12,90±0,20* | 12,0±0,9*                   |
| Юкстамедуллярный<br>сосудистый<br>клубочек             | 100,6±1,9*         | 125,6±1,7*                | 178,8±2,3* | 191,7±1,6*                     | 201,6±1,7                        | 191,6±1,9*  | 138,1±2,4*                  |
| Прямые артериолы                                       | 18,2±0,8*          | 16,3±1,2*                 | 17,5±0,9*  | 23,7±0,7                       | 23,7±0,3                         | 22,8±0,4*   | 21,4±0,5*                   |
| Вокругканальцевые<br>капилляры мозгово-<br>го вещества | 7,0±2,3*           | 7,4±2,9*                  | 7,0±0,20*  | 10,70±0,10*                    | 8,50±0,10                        | 8,30±0,10*  | 8,20±0,20*                  |

\* Различия значимы по сравнению с показателями у людей II периода зрелого возраста при  $P < 0,05$ .

установлено, что у низших позвоночных животных (рыб, амфибий, рептилий) функционирует воротная венозная система почек. У птиц значение воротной системы почек уменьшается. N.Mirabella и соавт. [10] считают, что это происходит за счет периодического открытия и закрытия клапана в воротной вене почки, а также за счет мощных вазомоторных механизмов, расположенных в местах ветвления воротной вены и внедрения её ветвей в ткань почки. У млекопитающих воротная система почек полностью исчезает.

Принято считать [8], что воротная система почек решает проблему водного баланса организма или очищения венозной крови, оттекающей от главных органов движения животного (у рыб — от хвоста, у наземных животных — от задних конечностей). Можно предположить, что назначение воротной венозной системы почек связано с эндокринными функциями почек. Это подтверждают исследования эндокринных функций почек у рыб [11] и даже у агломерулярных [12]. Возможно, что гормоны, вырабатываемые почками у низших позвоночных при стрессе, по воротной системе, минуя сосудистые клубочки, попадают в общее кровеносное русло и влияют на общую гемодинамику.

Фрагментами остаточной воротной системы почек у эмбрионов человека являются субкардинальные вены, отводящие кровь из мезонефроса в задние кардинальные вены и извилистые сосуды между мезонефрическими канальцами [5]. В антенатальном периоде развития человека исчезновение элементов воротной венозной системы почек совпадает с редукцией мезонефроса, задних кар-

динальных вен и началом плацентарного кровообращения [5]. Возможно, у млекопитающих на новом, более совершенном этапе развития почек функцию воротной венозной системы почек берет на себя юкстамедуллярный кровоток.

По нашим данным, в процессе филогенеза наблюдается изменение характера распределения сосудистых клубочков, которое связано с дифференцировкой вещества почки на корковое и мозговое, происходящее у птиц. При этом, появляются юкстамедуллярные клубочки и прямые сосуды мозгового вещества, начинающиеся от выносящих артериол юкстамедуллярных клубочков или междольковых артерий. Однако у птиц не было выявлено статистически значимых различий диаметров сосудистых клубочков кортикальных и юкстамедуллярных почечных телец, а также их приносящих и выносящих артериол.

С дифференцировкой вещества на корковое и мозговое у млекопитающих, в том числе и у человека, очевидно, связано появление кортикального и юкстамедуллярного путей кровотока. Известно, что юкстамедуллярное кровообращение играет роль шунта, т.е. более короткого и легкого пути, по которому проходит часть крови через почки в условиях сильного кровенаполнения, например при стрессе [14]. Укороченный юкстамедуллярный кровоток проходит через проксимальные части междольковых артерий, юкстамедуллярные клубочки и их артериолы, прямые артериолы и венулы мозгового вещества и проксимальные части междольковых вен. При стрессе большая часть крови быстро возвращается в общее кровеносное русло через юкстамедуллярный путь, минуя фильтрацию [14]. Срабатывают

и эндокринные системы почек, восстанавливающие почечную и общую гемодинамику. Таким образом, юкстамедуллярный путь кровотока обеспечивает адаптацию к изменяющимся условиям почечной и общей гемодинамики [4].

Выявленный нами у плодов человека больший диаметр сосудистых клубочков юкстамедуллярной зоны и недоразвитость сосудистых клубочков средней и особенно субкапсулярной зон коркового вещества можно объяснить тем, что основным выделительным органом у плода является плацента, и по юкстамедуллярному пути сбрасывается большая часть крови в прямые артериолы мозгового вещества. По данным М.Дакovic'-Bjelakovic' и соавт. [7], такая разница в диаметре сосудистых клубочков уменьшается с увеличением возраста плода.

Сосудистые клубочки юкстамедуллярных почечных телец, как самые «старые», первыми подвергаются склерозированию. Увеличение количества склерозированных клубочков с возрастом отмечено и другими исследователями [12].

Большие диаметры сосудистых клубочков юкстамедуллярных почечных телец и больший показатель относительного содержания артериальных сосудов в юкстамедуллярной зоне, чем в других зонах коркового вещества, создают предпосылки для возможного юкстамедуллярного шунтирования при срочной адаптации в норме. Очевидно, уменьшение этих показателей в юкстамедуллярной зоне в пожилом и старческом возрасте определяет снижение адаптационных возможностей интраорганный артериального русла почек после 60 лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Автандилов Г.Г. Окулярная измерительная сетка для цито-, гисто- и стереометрических исследований // Арх. пат. 1972. Т. 34, № 6. С. 76–77.
- Вихерт А.М., Жданов В.С., Матова Е.Е. Динамика развития атеросклеротических изменений в аорте и коронарных артериях у практически здоровых людей // Арх. пат. 1970. Т. 32, № 2. С. 44–50.
- Длоуга Г., Кршечек Л., Наточин Ю. Онтогенез почки. Л.: Наука, 1981.
- Каплунова О.А. Кровеносные сосуды почек. Ростов н/Д: Наука-Спектр, 2008.
- Карлсон Б.М. Основы эмбриологии по Пэттену. Т. 2. М.: Мир, 1983.
- Ложниченко О.В., Амплеева А.В., Хвостова С.М. Физиологические аспекты кроветворения в мезонефросе у осетровых рыб // Вестн. Астраханск. гос. техн. ун-та. Серия: Рыбное хозяйство. 2010. № 2. С. 106–111.
- Dakovic'-Bjelakovic' M., Vlajkovic' S., Cukuranovic' R. et al. Changes of the glomerular size during the human fetal kidney development // Spr. Arh. Celok. Lek. 2006. Vol. 134, № 1–2. P. 33–39.
- Giersberg H., Rietschel P. Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Zweiter Band. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag, 1968.
- Kanzaki G., Tsuboi N., Utsunomiya Y. et al. Distribution of glomerular density in different cortical zones of the human kidney // Pathol. Int. 2013. Vol. 63, № 3. P. 169–175.
- Mirabella N., Esposito V., Pelagalli G.V. The valva portallis renalis in the duck (*Anas Platyrhynchos*) // Acta Anat. 1996. Vol. 157, № 2. P. 151–158.
- Rauta P.R., Nayak B., Das S. Immune system and immune responses in fish and their role in comparative immunity study: A model for higher organisms // Immunol. Lett. 2012. Vol. 148, № 1. P. 23–33.
- Samuel T., Hoy W.E., Douglass-Denton R. et al. Determinants of glomeruli volume in different cortical zones of the human kidney // J. Am. Soc. Nephrol. 2005. Vol. 16, № 10. P. 3102–3109.
- Skov K., Nyengaard J.R., Patwardan A., Mulvany M.J. Large juxtamedullary glomeruli and afferent arterioles in healthy primates // Kidney Int. 1999. Vol. 55. P. 1462–1469.
- Trueta J., Barclay A.E., Daniel P.N. et al. Studies of the Renal Circulation. Springfield. Charles Thomas, 1947.
- Tsuji T., Seno S. Melano-macrophage centers in the aglomerular kidney of the sea horse (teleosts): morphologic studies on its formation and possible function // Anat. Rec. 1990. Vol. 226, № 4. P. 460–470.
- Zemanova Z., Gambaryan S. Blood supply to the amphibian mesonephros // Funct. Dev. Morphol. 1992. Vol. 3, № 4. P. 231–236.

Поступила в редакцию 11.11.2013  
Получена после доработки 02.06.2014

#### JUXTAGLOMERULAR BLOOD FLOW PATHWAY IN THE KIDNEY (COMPARATIVE- ANATOMICAL AND AGE-RELATED ASPECTS)

O.A.Kaplunova

To observe the formation of blood flow in the juxtaglomerular pathway in comparative-anatomical and age-related aspects, 484 kidneys from the representatives of the five classes of vertebrates, 50 kidneys of human fetuses and 193 kidneys of normal individuals of different ages were studied. Macro-microscopic, histological and morphometric methods were used. In all the mammalian animal species, the significant development of vascular glomeruli and peritubular capillaries was observed. In human kidneys, the relative content of cortical and medullary arterial vessels was maximal in juvenile age. With age, this parameter was found to decrease both in renal cortex and medulla. The differentiation of renal tissue into the cortex and the medulla, that began in birds and was finally formed in mammals, explains the appearance of cortical and juxtamedullary blood flow pathways.

During the antenatal period of human development, renal juxtaglomerular pathway of blood flow prevails over the cortical one. The diminished significance of juxtamedullary pathway of blood flow in elderly and senile age determines the decreased adaptive capacities of intraorgan renal arterial bed in the norm.

**Key words:** renal arteries, juxtamedullary shunt, age norm

Department of Human Anatomy, Rostov-on-Don Medical State University